

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## تعهدنامه‌ی اصالت اثر و رعایت حقوق دانشگاه

تمامی حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج، ابتکارات، اختراعات و نوآوری‌های ناشی از انجام این پژوهش، متعلق به **دانشگاه محقق اردبیلی** می‌باشد. نقل مطلب از این اثر، با رعایت مقررات مربوطه و با ذکر نام دانشگاه محقق اردبیلی، نام استاد راهنما و دانشجو بلامانع است.

اینجانب حسن ولی نژاد قره تپه دانش‌آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک گرایش هسته‌ای دانشکده‌ی علوم دانشگاه محقق اردبیلی به شماره‌ی دانشجویی ۹۰۲۲۳۷۳۱۰۹ که در تاریخ  
از پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود تحت عنوان  
دفاع نموده‌ام، متعهد می‌شوم که:

- (۱) این پایان‌نامه را قبلاً برای دریافت هیچ‌گونه مدرک تحصیلی یا به عنوان هرگونه فعالیت پژوهشی در سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی داخل و خارج از کشور ارائه ننموده‌ام.
- (۲) مسئولیت صحت و سقم تمامی مندرجات پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود را بر عهده می‌گیرم.
- (۳) این پایان‌نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می‌باشد.
- (۴) در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران استفاده نموده‌ام، مطابق ضوابط و مقررات مربوطه و با رعایت اصل امانتداری علمی، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در متن و فهرست منابع و مآخذ ذکر نموده‌ام.
- (۵) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هرگونه بهره‌برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از حوزه‌ی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.
- (۶) در صورت ارائه‌ی مقاله‌ی مستخرج از این پایان‌نامه در همایش‌ها، کنفرانس‌ها، سمینارها، گردهمایی‌ها و انواع مجلات، نام دانشگاه محقق اردبیلی را در کنار نام نویسندگان (دانشجو و اساتید راهنما و مشاور) ذکر نمایم.
- (۷) چنانچه در هر مقطع زمانی، خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن (منجمله ابطال مدرک تحصیلی، طرح شکایت توسط دانشگاه و ...) را می‌پذیرم و دانشگاه محقق اردبیلی را مجاز می‌دانم با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات مربوطه رفتار نماید.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

امضا

تاریخ



دانشکده‌ی علوم  
گروه آموزشی فیزیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد  
در رشته‌ی فیزیک گرایش هسته‌ای

**عنوان:**

**اندازه‌گیری گاز رادون در خاک و بررسی منابع آن**

استاد راهنما:

دکتر داریوش رضایی

استاد مشاور:

دکتر مرتضی عالیقدری

پژوهشگر:

حسن ولی نژاد قره‌تپه

فصل تابستان سال ۱۳۹۲



دانشکده‌ی علوم  
گروه آموزشی فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد  
در رشته‌ی فیزیک گرایش هسته‌ای

**عنوان:**

**اندازه گیری گاز رادون در خاک و بررسی منابع آن**

**پژوهشگر:**

حسن ولی نژاد قره تپه

ارزیابی و تصویب شده‌ی کمیته‌ی داوران پایان نامه با درجه‌ی .....

نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی علمی	سمت	امضاء
داریوش رضایی	دانشیار	استاد راهنما و رییس کمیته‌ی داوران	
مرتضی عالیقدری	استادیار	استاد مشاور	
فرهاد ذوالفقارپور	استادیار	داور	

ماه - سال ۱۳۹۲

## تقديم به :

.....

نوشتن این صفحه، اختیاری است.

# پاسکزاری:

(فقط در یک صفحه، با فونت دلخواه و مناسب و به صورت رسمی نوشته شود)

نام خانوادگی دانشجو: ولی نژاد قره تپه		نام: حسن	
عنوان پایان نامه: اندازه گیری گاز رادون در خاک و بررسی منابع آن			
استاد راهنما: دکتر داریوش رضایی			
استاد مشاور: دکتر مرتضی عالیقدری			
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد		رشته: فیزیک	
گرایش: هسته‌ای		دانشگاه: محقق اردبیلی	
دانشکده: علوم		تاریخ دفاع:	
		تعداد صفحات:	
<p>چکیده: رادون یک عنصر گازی شکل با نماد شیمیایی Rn است که دارای عدد اتمی ۸۶ می‌باشد. این گاز بی رنگ و بی بو است و از واپاشی طبیعی اورانیوم، توریم، و رادیوم حاصل می‌شود. رادون <math>^{222}\text{Rn}</math> از واپاشی اورانیوم <math>^{238}\text{U}</math> حاصل می‌شود و در بین ایزوتوپهای دیگر بیشترین نیمه عمر را داراست (۳/۸۲ روز). رادون <math>^{220}\text{Rn}</math> که به اصطلاح تورون خوانده می‌شود یکی از ایزوتوپهای طبیعی رادون است که دارای نیمه عمر پایین ۵۴/۵۳ ثانیه می‌باشد و به همین دلیل اندازه گیری آن بسیار سخت شده است.</p> <p>با توجه به گزارش آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) که رادون را بعد از سیگار دومین عامل ایجاد سرطان ریه می‌داند و همچنین باتوجه به اهمیت این گاز در کشف معادن اورانیوم، پیش نشانگری زلزله، ساخت و ساز در مناطق رادونی و مصالح ساختمانی تولید شده از خاک این مناطق، بررسی این گاز به عنوان یکی از هدف‌های مهم برای محققان و پژوهشگران شده است.</p> <p>هدف ما در این پروژه بررسی غلظت گاز رادون و تورون در خاک می‌باشد. برای این کار از سیستم رادونمتر RAD۷ استفاده شده است. از آنجا که نیمه عمر پایین تورون باعث ایجاد خطای بسیار زیادی در اندازه گیری می‌شود، لذا روشی را ارائه کردیم که بتوان غلظت آن را با دقت قابل ملاحظه‌ای بدست آورد. همچنین به سبب وابسته بودن آزاد سازی گاز رادون در خاک به مولفه‌های مختلفی مانند فشار و رطوبت خاک و مولفه‌های زمین شناسی دیگر و تفاوت این مولفه‌ها در عمق‌های مختلف خاک، تغییرات گاز رادون و تورون را در عمق‌های مختلف خواهیم سنجید و منطقه مورد مطالعه را با توجه به سطوح مختلف رادون و تورون بررسی خواهیم کرد.</p>			
کلید واژه‌ها: رادون، تورون، خاک، RAD۷			

## فهرست مطالب

شماره و عنوان مطالب	صفحه
---------------------	------

### فصل اول: پرتوزایی و سری‌های واپاشی

۱-۱-مقدمه.....	۱
۲-۱-منابع پرتوزا در محیط.....	۳
۱-۲-۱-هسته‌های پرتوزای اولیه.....	۴
۲-۲-۱-هسته‌های پرتوزای منفرد.....	۴
۳-۲-۱-هسته‌های پرتوزای زنجیره‌ای.....	۴
۳-۱-اکتیویته.....	۶

### فصل دوم: آشنایی با گاز رادون

۱-۲-معرفی گاز رادون.....	۹
۱-۱-۲-رادون $^{222}\text{Rn}$ .....	۹
۲-۱-۲-تورون $^{220}\text{Rn}$ .....	۱۲
۳-۱-۲-اکتینون $^{219}\text{Rn}$ .....	۱۴
۲-۲-میزان دز دریافتی.....	۱۴
۳-۲-خطرات رادون برای سلامتی.....	۱۵
۱-۳-۲-رادون و دخانیات.....	۱۷
۲-۳-۲-گاز رادون در معادن.....	۱۸
۴-۲-رادون چگونه می‌تواند وارد خانه شود؟.....	۱۹
۵-۲-چگونه می‌توان سطح رادون در خانه یا ساختمان را اندازه‌گیری کرد؟.....	۲۲
۱-۵-۲-اندازه‌گیری کوتاه مدت.....	۲۲
۲-۵-۲-اندازه‌گیری بلند مدت.....	۲۳



۲۳.....	۶-۲- راه‌های کاهش سطح رادون در خانه یا ساختمان.....
۲۵.....	۷-۲- پروژه سازمان بهداشت جهانی WHO.....
۲۶.....	۱-۷-۲- اهداف اساسی پروژه.....
۲۶.....	۲-۷-۲- رادون در منازل.....
۲۷.....	۳-۷-۲- غلظت رادون در آب و هوا.....
۲۸.....	۸-۲- رادون در خاک.....
۳۱.....	۹-۲- فواید رادون.....
۳۱.....	۱-۹-۲- پیش بینی زمین لرزه.....
۳۳.....	۲-۹-۲- کاربردهای دیگر.....

### فصل سوم: روش‌های اندازه گیری گاز رادون

۳۴.....	۱-۳- روش‌های اندازه گیری گاز رادون.....
۳۴.....	۲-۳- فعال سازی زغال با جذب سطحی رادون (AC - Activated Charcoal Adsorption).....
۳۶.....	۳-۳- آشکار سازی اثر آلفا (AT - Alpha Track Detection).....
۳۷.....	۴-۳- دیدبانی پیوسته رادون (CR - Continuous Radon Monitoring).....
۳۸.....	۳-۴-الف- سلول سنتیلاسیون؛ سلول لوکاس.....
۳۸.....	۳-۴-ب- اتاقک یونش دستگاه آلفا گارد (Alpha GUARD).....
۴۰.....	۵-۳- روش‌های مبتنی بر اندازه گیری محصولات واپاشی رادون (Working Level).....
۴۱.....	۶-۳- اندازه گیری غلظت گاز رادون با اسپکترومتری گاما در مایع جاذب.....
۴۲.....	۷-۳- اندازه گیری گاز رادون توسط سیستم RAD۷؛ آشکار ساز حالت جامد آلفا.....
۴۴.....	۱-۷-۳- مکانیزم آشکار سازی گاز رادون در RAD۷.....
۴۵.....	۲-۷-۳- Working Level.....
۴۶.....	۳-۷-۳- بررسی منابع گاز رادون با RAD۷.....
۴۷.....	۴-۷-۳- کار با RAD۷.....
۴۸.....	۵-۷-۳- عملکرد RAD۷ در مدهای مختلف.....
۴۸.....	۵-۷-۳- طیف‌های RAD۷.....

۴۹.....	۳-۷-۶- تعادل بین ایزوتوپ‌ها
۵۱.....	۳-۷-۷- اندازه‌گیری رادون در نمونه‌هوا
۵۲.....	۳-۷-۸- اندازه‌گیری رادون در خاک بوسیله RAD۷
۵۵.....	۳-۷-۹- طیف پس زمینه در RAD۷

## فصل چهارم: یافته‌ها و نتایج

۵۸.....	۴-۱- مقدمه
۵۸.....	۴-۲- اندازه‌گیری گاز رادون در خاک
۵۹.....	۴-۲-۱- حساسیت سیستم RAD۷ به رطوبت
۶۱.....	۴-۲-۲- اندازه‌گیری رادون $^{222}\text{Rn}$ در خاک
۶۵.....	۴-۲-۳- بررسی سطح نامتعارف رادون
۶۷.....	۴-۳- اندازه‌گیری تورون در خاک
۶۸.....	۴-۳-۱- معادله پرتوزایی و نیمه عمر
۶۹.....	۴-۳-۲- تصحیح غلظت تورون
۶۹.....	۴-۳-۲-الف- غلظت تورون در ورودی RAD۷
۷۰.....	۴-۳-۲-ب- غلظت تورون در دهانه سلول داخلی
۷۰.....	۴-۳-۲-ج- محاسبه غلظت تعادلی در درون سلول داخلی
۷۴.....	۴-۴- بررسی تغییرات گاز رادون در عمق‌های مختلف
۷۸.....	۴-۵- بررسی منطقه مورد مطالعه به لحاظ غلظت‌های مختلف رادون و تورون
۸۱.....	نتایج
۸۳.....	پیشنهاد
۸۴.....	فهرست منابع و مآخذ

## فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول	صفحه
جدول ۱-۱: زنجیره واپاشی $^{238}\text{U}$ با نیمه عمرهای عناصر زنجیره.....۵	
جدول ۱-۲: زنجیره واپاشی $^{232}\text{Th}$ با نیمه عمرهای عناصر زنجیره.....۵	
جدول ۱-۳: زنجیره واپاشی $^{235}\text{U}$ با نیمه عمرهای عناصر زنجیره.....۶	
جدول ۱-۲: می‌زان رادی‌وم در مصالح ساختمانی مختلف.....۲۰	
جدول ۲-۲: می‌زان مختلف رادون و خطرات آن برای افراد سی‌گاری.....۲۴	
جدول ۳-۲: میزان مختلف رادون و خطرات آن برای افراد غیر سی‌گاری.....۲۵	
جدول ۱-۳: پیش تنظیم پروتکل‌ها.....۴۸	
جدول ۱-۴: تغییرات خطای اندازه‌گیری بر حسب تغییرات رطوبت سیستم RAD۷.....۶۰	
جدول ۲-۴: نتایج اندازه‌گیری‌های غلظت گاز رادون در خاک ( $^{222}\text{Rn}$ ) برای نمونه‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه...۶۴	
جدول ۳-۴: نتایج اندازه‌گیری‌های غلظت تورون $^{220}\text{Rn}$ و تصحیحات آن برای نمونه‌های مختلف در خاک.....۷۳	
جدول ۴-۴: نتایج اندازه‌گیری‌های رادون و تورون در عمق‌های مختلف.....۷۷	

## فهرست شکل ها

شماره و عنوان شکل	صفحه
شکل ۲-۱: مشخصه گاز رادیواکتیو رادون.....	۹
شکل ۲-۲: قسمتی از زنجیره واپاشی اورانیوم $^{238}\text{U}$ ، از رادون $^{222}\text{Rn}$ تا $^{210}\text{Pb}$ .....	۱۰
شکل ۲-۳: ترازهای انرژی در تبدیل رادیوم به رادون	
..... شکل ۲-۴: ترازهای انرژی در تبدیل رادیوم	۱۱
$^{226}\text{Ra}$ به تورون ..... شکل ۲-۵: قسمتی از زنجیره توریم $^{232}\text{Th}$ ،	۱۲
از $^{226}\text{Rn}$ تا $^{208}\text{Pb}$ .....	۱۳
منابع مختلف..... شکل ۲-۶: درصد دز دریافتی سالیانه از	۱۴
سالانه رادون با مرگ و میرهای دیگر..... شکل ۲-۷: مقایسه مرگ و میر	۱۶
افزایش سرطان ریه و افزایش مردان آمریکایی سیگاری..... شکل ۲-۹:	۱۷
چگونگی نشست اتم رادون بر روی ترکیبات nitrosamines و nicotine. دایره‌های سفید هیدروژن، قرمز اکسیژن،	
آبی نیتروژن و دایره بزرگتر نشان دهنده رادون	
است..... شکل ۲-۱۰: راه‌های مختلف ورود گاز	۱۸
رادون به داخل ساختمان..... شکل ۲-۱۱: بین تغییرات فشار بارو	۲۲
متریک با تغییرات غلظت رادون..... شکل ۲-۱۲: انحراف میزان رادون	۲۹
از میزان پیش بینی شده و بروز زمین لرزه، خطوط پر مقدار پیش بینی شده و خطوط خط چین مقدار اندازه‌گیری شده را نشان	
می‌دهند. در شکل بالا $M_L$ نشان دهنده بزرگی زمین لرزه و فاصله آن از محل مطالعه	
است.....	۳۲
شکل ۳-۱: شماتیک یک شمارشگر سنتیلاتور؛ پرتو ورودی را دریافت کرده و متناسب با انرژی آن یک سیگنال خروجی	
تولید می‌کند.....	۳۶
شکل ۳-۲: دستگاه آلفا گارد.....	۳۹
شکل ۳-۳: هبستگی بین شمارش گامای دختران رادون با غلظت رادون.....	۴۱
شکل ۳-۴: شماتیک سیستم آشکارساز $\text{RAD}\gamma$ .....	۴۲
شکل ۳-۵: شماتیک یک پمپ بیرونی.....	۴۳
شکل ۳-۶: نمای یک رطوبت گیر $\text{CaSO}_4$ .....	۴۳
شکل ۳-۷: (الف) فیلتر دختران رادون، (ب) فیلتر گرد و غبار.....	۴۴
شکل ۳-۸: مکانیزم آشکارسازی رادون توسط $\text{RAD}\gamma$ .....	۴۵

شکل ۳-۹: الف : تعادل بین  $^{222}\text{Rn}$  و  $^{218}\text{Po}$  (رادون جدید) در پنجره A - ب : تعادل کامل بین رادون و دخترانش (رادون جدید و قدیم) بعد از ۳ ساعت - ج : نمودار چگونگی افزایش رادون تا ۲۰ دقیقه و رسیدن به تعادل بین  $^{218}\text{Po}$  و  $^{222}\text{Rn}$  بعد از ۲۰ الی ۲۵ دقیقه ..... ۵۰

شکل ۳-۱۰: مدار اندازه‌گیری گاز رادون در هوا و خاک..... ۵۱

شکل ۳-۱۱: چیدمان و نحوه اندازه‌گیری رادون در خاک..... ۵۲

شکل ۳-۱۲: تصویر یک گیر انداز آب (Water trap)..... ۵۳

شکل ۳-۱۳: نمودار تغییرات غلظت گاز رادون و تورون برای یا نمونه از

خاک..... ۵۴ شکل ۳-۱۴: میانگین داده‌ها (سمت چپ) و طیف دختران رادون و

تورون در پنجره‌های مختلف (سمت راست)..... ۵۴

شکل ۴-۱: نمودار تغییر خطای سیستم RAD۷ با تغییر رطوبت سیستم..... ۶۰

شکل ۴-۲: طیف‌های انرژی ذرات آلفا در آزمایش حساسیت RAD۷ به رطوبت..... ۶۱

شکل ۴-۳: غلظت گاز رادون  $^{222}\text{Rn}$  در نمونه‌های مختلف..... ۶۴

شکل ۴-۴: نمودار بیان کننده سطح نامتعارف رادون در نمونه‌ها..... ۶۶

شکل ۴-۵: غلظت تورون  $^{220}\text{Rn}$  در نمونه‌های مختلف..... ۷۳

شکل ۴-۶: نمودار نشان دهنده سطح نامتعارف تورون  $^{220}\text{Rn}$  در نمونه‌ها..... ۷۴

شکل ۴-۷: اندازه‌گیری رادون در چاه..... ۷۵

شکل ۴-۸: نمودار تغییرات غلظت رادون بر حسب تغییرات عمق..... ۷۶

شکل ۴-۹: نمودار تغییرات غلظت تورون بر حسب تغییرات عمق..... ۷۷

شکل ۴-۱۰: طیف‌های انرژی ذرات آلفای دختران رادون و تورون در عمق‌های مختلف..... ۷۸

شکل ۴-۱۱: توزیع نقاط نمونه‌گیری در منطقه مورد مطالعه..... ۷۹

شکل ۴-۱۲: تقسیم بندی منطقه مورد مطالعه بر حسب سطوح مختلف رادون و

تورون..... ۸۱ شکل ۴-۱۳: تغییرات غلظت رادون و تورون بر حسب افزایش عمق

خاک..... ۸۲

فهرست علائم اختصاری (در صورت لزوم)

علامت اختصاری	مفهوم یا توضیح
EPA	آژانس حفاظت از محیط زیست
US-EPA	آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده امریکا
WHO	سازمان بهداشت جهانی
IRRC	موسسه تحقیقات بین‌المللی سرطان
SRSA	مرجع ایمنی در برابر پرتوزایی سوئد

## **فصل اول:**

# **پرتوزایی و سری‌های واپاشی**

حدود ۳۰ درصد سطح کره زمین را خاک و خشکی‌ها تشکیل می‌دهد که شرایط زندگی را برای جانداران و گیاهان فراهم می‌کند. به نوعی می‌توان گفت که تأمین غذا و زیستن انسانها و جانداران زیادی به خاک بستگی دارد و خاک شرایط رشد گیاهان را فراهم می‌کند. خاک، مخلوط پیچیده‌ای از مواد معدنی، آلی و موجودات زنده است و از تخریب و خورد شدگی سنگ‌ها در اثر هوازدگی و فرسایش به وجود می‌آیند به همین دلیل مواد تشکیل دهنده و ساختار سنگ مادر خصوصیات فیزیکی و شیمیای خاک‌ها را از هم متمایز می‌کند.

از بین تمام عناصر موجود در خاک بعضی از عناصر رادیواکتیو بوده و در نتیجه پرتوزایی یا ایجاد تشعشع و رسیدن به عنصر پایدار یک زنجیره واپاشی را طی می‌کنند که در طول این زنجیره، عناصر رادیواکتیو زیادی می‌توانند به طرق مختلف وارد محیط پیرامون انسانها شده و ایجاد خطر نمایند. اکثر این تشعشع‌ها یونیزاسیون نیز می‌باشند و انسانها بطور عمده و همیشه در معرض آنها قرار دارند. این منابع پرتوزای موجود در خاک می‌توانند به صورت گاز رادیواکتیو، همراه گرد و غبار یا به صورت محلول در آب‌های زیر زمینی به سطح زمین برسند و وارد هوای محیط شود یا همچنین می‌توانند جذب ریشه گیاهان گردند و با ادامه به پرتوزایی خود وارد سبد غذای انسانها و دیگر موجودات شوند.

رادون<sup>۱</sup> و تورون<sup>۲</sup> از جمله عناصر رادیواکتیو هستند که به صورت گازی شکل بوده و در طول زنجیره واپاشی اورانیوم و توریوم طبیعی موجود در خاک آزاد می‌شوند و به سبب تعلق به گروه گازهای نجیب می‌توانند بدون ایجاد پیوندهای شیمیای و یا گیر افتادن در شبکه بلوری عناصر دیگر براحتی از زمین فرار کرده و وارد هوا شوند و باعث ایجاد خطراتی برای سلامتی انسانها و دیگر موجودات گردند.

---

۱-Radon  
۲-Thoron



از آنجا که خاک منبع اصلی انواع عناصر رادیو اکتیو از جمله گازهای رادیواکتیو رادون و تورون می باشد و انسانها همیشه در تماس با خاک و محصولات تولید شده یا مصالح بدست آمده از آن قرار دارند، مطالعه و بررسی خاک به لحاظ میزان دارا بودن آن از این عناصر رادیو اکتیو از اهمیت بالایی برخوردار است و می تواند ضرورت اتخاذ روش های پیشگیری از خطرات آن بر سلامتی را تعیین کند (EPA, ۲۰۰۹).